



### **Science Arts & Métiers (SAM)**

is an open access repository that collects the work of Arts et Métiers Institute of Technology researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <https://sam.ensam.eu>  
Handle ID: <http://hdl.handle.net/10985/12674>

#### **To cite this version :**

Patrick BOT - Transducteur adapté à la génération de forces en fonction de la vitesse d'écoulement d'un fluide. 2015-07-03. Brevet n° PCT/FR2016/051685

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository

Administrator : [scienceouverte@ensam.eu](mailto:scienceouverte@ensam.eu)



(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
12 janvier 2017 (12.01.2017)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2017/006038 A1**

- (51) Classification internationale des brevets :  
*G01P 5/02* (2006.01) *G01F 1/28* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2016/051685
- (22) Date de dépôt international :  
1 juillet 2016 (01.07.2016)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
15/01418 3 juillet 2015 (03.07.2015) FR
- (71) Déposants : ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARTS ET METIERS (ENSAM) [FR/FR]; 151 Boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris (FR). ETAT FRANCAIS REPRÉSENTÉ PAR LE MINISTÈRE DE LA DÉFENSE [FR/FR]; 14 rue Saint-Dominique, 75007 Paris (FR).
- (72) Inventeur : BOT, Patrick; 350 Chemin de Hildy, 29200 Brest (FR).
- (74) Mandataire : NOVAGRAAF TECHNOLOGIES; 12 place des Halles Saint Louis, 56108 Lorient (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : TRANSDUCER ADAPTED FOR THE GENERATION OF FORCES AS A FUNCTION OF THE SPEED OF FLOW OF A FLUID

(54) Titre : TRANSDUCTEUR ADAPTE A LA GENERATION DE FORCES EN FONCTION DE LA VITESSE D'ECOLEMENT D'UN FLUIDE

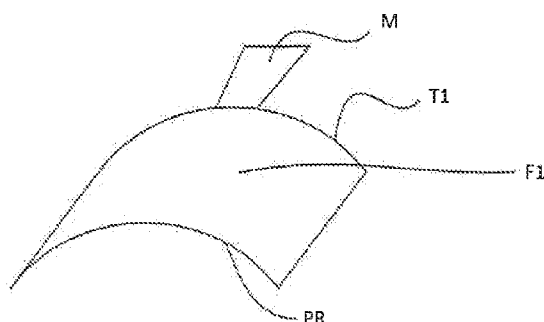


FIG. 1

(57) Abstract : The invention relates to a detector device for detecting a threshold speed of displacement of a fluid, the detector device comprising a transducer and being configured to exert a first non-zero force in a first direction when the speed of the fluid is less than the threshold speed and to exert a second non-zero force in a second direction when the speed of the fluid is greater than the threshold speed, the first and the second direction being identical or substantially identical and the first and the second force being directed in opposite directions.

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif détecteur d'une vitesse seuil de déplacement d'un fluide, le dispositif détecteur comprenant un transducteur et configuré pour exercer une première force non nulle dans une première direction lorsque la vitesse du fluide est inférieure à la vitesse seuil et pour exercer une seconde force non nulle dans une seconde direction lorsque la vitesse du fluide est supérieure à la vitesse seuil, la première et la seconde direction étant identiques ou sensiblement identiques et la première et la deuxième force étant dirigées dans des sens opposés.

**Déclarations en vertu de la règle 4.17 :**

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)*

**Publiée :**

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

— *avec revendications modifiées (art. 19.1))*

## TRANSDUCTEUR ADAPTE A LA GENERATION DE FORCES EN FONCTION DE LA VITESSE D'ECOULEMENT D'UN FLUIDE.

5

### 1. Domaine de l'invention.

L'invention se rapporte au domaine des dispositifs de mesure ou de captation de pressions ou de détermination de formes de filets de fluide sur des surfaces. L'invention traite plus particulièrement de dispositifs de type capteurs de vitesse d'écoulement d'un fluide autour d'un objet.

### 2. Etat de l'art.

Des dispositifs existent pour mesurer la vitesse d'un fluide à l'état liquide ou gazeux. La nécessité de mesurer la vitesse d'un fluide répond aussi bien à des besoins industriels qu'à des besoins environnementaux. Des instruments sont utilisés pour enregistrer les déplacements de fluide dans des milieux confinés tels que dans des conduites. D'autres instruments se prêtent plus à des mesures en champ ouvert. Certains instruments sont précisément utilisés pour contrôler que la vitesse d'un fluide ne dépasse pas, par excès ou par défaut, un seuil critique. Ce seuil critique peut être un seuil de sécurité. Le choix d'un instrument doit être soigneusement adapté à l'objectif de la mesure, et ce d'autant plus que la mesure de vitesse est une opération délicate du fait de l'introduction d'un instrument dans l'écoulement mesuré. L'instrument peut engendrer (et engendre souvent) une perturbation pouvant conduire à une erreur dans l'estimation de la vitesse.

Diverses techniques existent et comprennent, par exemple, un rotamètre ou un diaphragme pour la mesure de débit dans une conduite. Un tube Pitot peut également être utilisé, ainsi qu'une roue à aube ou une hélice pour la mesure de vitesse de fluide. Une mesure indirecte requiert parfois une chaîne d'éléments dont certains, électroniques, peuvent s'avérer complexes, onéreux, voire amener une dégradation de la fiabilité globale de l'ensemble.

Certaines technologies, comme les sondes de pression ou les anémomètres thermiques sont relativement anciennes. Les sondes de pression sont

les premiers instruments ayant permis de réaliser des mesures de vitesse d'un fluide. Les anémomètres thermiques ont permis les premières recherches sur les phénomènes de turbulence. D'autres technologies, telles que les anémomètres à ultrasons ou les vélocimètres Doppler Laser sont beaucoup plus récentes et ont  
5 bénéficié des progrès dans tous les domaines techniques. Leur implémentation entraîne un coût relativement conséquent. Les particularités de chaque type d'instrument permettent de répondre à des problématiques industrielles différentes.

Le brevet **US5457630** (System for onboard lift analysis and apparatus therefor, Steven D. Palmer, déposé le 18 novembre 1992) décrit un système de  
10 mesure de pressions différentielles entre l'intrados et l'extrados d'une aile d'aéronef par l'utilisation de réseaux de capteurs piézo-électriques disposés sur et sous l'aile. La technique décrite permet de comparer la pression différentielle réelle mesurée par rapport à une valeur théorique attendue à une vitesse donnée de déplacement de l'aéronef dans l'air (ou plusieurs pressions différentielles, selon des positions  
15 précises). D'autres dispositifs, disposés sur le bord d'attaque d'une aile d'aéronef, tels que, par exemple, des contacteurs de type interrupteurs à lamelle permettent de détecter la position d'une aile d'aéronef dans un intervalle d'angles d'incidence par rapport à une trajectoire et constituent ainsi, par exemple, des avertisseurs de décrochage de l'aile et donc de l'aéronef. L'utilisation de ces dispositifs interrupteurs à  
20 lamelle requiert un positionnement précis et calibré, et une fiabilité du dispositif interrupteur, parfois exposé à un environnement propice à un vieillissement accéléré.

Les dispositifs existant présentent des inconvénients.

### 3. Résumé de l'invention.

25 L'invention permet d'améliorer au moins un des inconvénients de l'état de l'art, en proposant un dispositif détecteur d'une vitesse seuil de déplacement d'un fluide autour d'un objet ou autour d'un élément profilé d'un objet, le dispositif comprenant au moins un transducteur et étant caractérisé en ce que le transducteur  
30 est configuré pour exercer une première force non nulle dans une première direction lorsque la vitesse du fluide est inférieure à la vitesse seuil, et pour exercer une seconde force non nulle dans une seconde direction lorsque la vitesse du fluide est supérieure à la vitesse seuil.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le dispositif détecteur comprend en outre au moins un élément de fixation solidaire du transducteur.

Avantageusement, le transducteur comprend une face courbe, dont un profil constitue un arc de cercle ou à courbure convexe sur une longueur prédéterminée ou constitue encore une courbure convexe de cambrure relative comprise dans un intervalle de valeurs allant de 5% à 50%. La cambrure relative de la courbure convexe étant ici définie comme le rapport entre le creux maximum et la corde du profil de la courbure.

Avantageusement, une face du transducteur a une orientation sensiblement perpendiculaire à la direction de déplacement fluide dans le dispositif ou autour du dispositif détecteur. Il est entendu par sensiblement perpendiculaire, ici et dans la suite du document, une incidence possible définie telle que l'angle formé par la corde et la direction de l'écoulement du fluide a une valeur comprise entre -15 degrés et + 5 degrés.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le profil en arc de cercle ou à courbure convexe d'une face du transducteur est défini par sa corde. Avantageusement, la corde définie est égale au produit d'un entier positif et de la viscosité cinématique du fluide divisée par le nombre de Reynolds mesurable lorsque la vitesse du fluide devient supérieure ou égale à la vitesse seuil.

Selon une variante du mode de réalisation, le profil est proche d'un arc de cercle mais correspond à une courbure convexe de cambrure relative située dans un intervalle de valeurs entre 5 et 50%, ces valeurs limites étant comprises dans l'intervalle.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le dispositif détecteur comprend en outre un module de détection électromécanique se comportant comme un interrupteur fermé lorsque le transducteur est soumis à un fluide en déplacement à une vitesse inférieure à une seconde vitesse seuil.

Selon une variante du mode de réalisation ci-avant, le dispositif détecteur comprend un module de détection électromécanique se comportant comme un

interrupteur ouvert lorsque le transducteur est soumis à un fluide en déplacement à une vitesse inférieure à une troisième vitesse seuil.

Selon un mode de réalisation, la première direction est sensiblement égale à la seconde direction et la première force s'applique en sens inverse de la seconde force.

La force considérée est, à titre d'exemple, la portance ou une composante verticale de la portance du profil du transducteur selon l'invention.

#### 4. Liste des figures.

L'invention sera mieux comprise, et d'autres particularités et avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, la description faisant référence aux dessins annexés parmi lesquels :

- la **figure 1** représente un dispositif transducteur détecteur de vitesse seuil de déplacement d'un fluide selon un mode particulier et non limitatif de l'invention.
- la **figure 2** illustre l'écoulement horizontal d'un fluide autour du détecteur de la figure 1.
- la **figure 3** est une représentation d'une composante verticale d'une résultante de forces mécaniques générées par l'écoulement horizontal du fluide de la figure 2 autour du détecteur quand la vitesse du fluide est supérieure à la vitesse seuil détectable.
- la **figure 4** est une représentation d'une composante verticale d'une résultante de forces mécaniques générées, de sens opposée à celle de la figure 3, par l'écoulement horizontal du fluide de la figure 2 autour du détecteur quand la vitesse du fluide est inférieure ou égale à la vitesse seuil détectable.
- la **figure 5** est une représentation d'un détecteur comprenant le transducteur illustré sur les figures précédentes, selon un mode de réalisation particulier et non limitatif de l'invention.

- la **figure 6** illustre la corde C du profil PR en arc de cercle du détecteur représenté sur les figures 1 à 5.
- La **figure 7** représente une variante du dispositif transducteur selon un mode de réalisation particulier et non limitatif de l'invention où la surface courbée est fermée par une surface plane ou sensiblement plane.
- La **figure 8** est un diagramme qui illustre le phénomène de crise de portance décrit, soit le phénomène d'inversion de la composante verticale de la force mécanique appliquée au transducteur décrit dans les figures 1 à 6, en fonction de la vitesse d'écoulement horizontal du fluide autour de celui-ci et selon un mode particulier et non limitatif de réalisation de l'invention.

## 5. Description détaillée de modes de réalisation de l'invention.

Sur les figures 1 à 7, les modules représentés sont des unités fonctionnelles, qui correspondent ou non à des unités physiquement distinguables. Par exemple, ces modules ou certains d'entre eux sont regroupés dans un unique composant. *A contrario*, selon d'autres modes de réalisation, certains modules sont composés d'entités physiques séparées.

La **figure 1** représente un transducteur T1 adapté à convertir un déplacement d'un fluide en une ou plusieurs forces mécaniques, dont le sens est fonction de la vitesse de déplacement du fluide autour du transducteur, selon un mode de réalisation particulier et non limitatif de l'invention. Il convient de considérer par vitesse de déplacement une vitesse relative. En effet, le fluide peut être en déplacement et le transducteur également. C'est donc la différence de vitesse entre le fluide et le transducteur qui est à l'origine de la ou des forces générées.

Le transducteur T1 est configuré pour exercer une première force non nulle dans une première direction lorsque la vitesse du fluide est inférieure à une vitesse seuil VTH et pour exercer une seconde force non nulle dans une seconde direction lorsque la vitesse du fluide est supérieure à la vitesse seuil VTH.



Selon le mode de réalisation de l'invention, le transducteur T1 est une pièce mécanique dont le profil PR forme un arc de cercle ou un profil convexe caractérisé par une cambrure (allant de 5% à 50% de rapport creux / corde). Les deux points extrêmes du profil PR constituent une corde C de l'arc de cercle ou du profil convexe. Le transducteur T1 comprend un élément de fixation M adapté à la fixation du transducteur T1 sur un ou plusieurs autres éléments mécaniques. En fonction des contraintes de résistance des matériaux (vieillessement, rupture, déformation, etc.) et de poids, T1 peut être constitué aussi bien de métal ou d'alliage de métaux que d'un ou plusieurs composés plastiques. Selon une variante du mode de réalisation, le transducteur T1 peut également être sculpté dans du bois. En pratique, le transducteur T1 peut être composé de n'importe quelle matière solide puisque sa fonction de transduction d'une vitesse en une force dépend principalement de sa forme.

Il a été constaté, lors de campagnes de tests en laboratoire de recherche, que lorsque le transducteur T1 est soumis à un fluide en déplacement selon un axe de déplacement sensiblement perpendiculaire à la flèche de l'arc de cercle ou de la courbure convexe que constitue son profil (parallèlement à la corde du profil), tel que cela est visible sur la figure 2 où le fluide en déplacement est illustré par un ensemble de flèches FG, une force F2 non nulle vers le bas (selon le sens de la figure 1) est appliquée au transducteur T1 lorsque la vitesse relative d'écoulement du fluide est inférieure ou égale à une vitesse seuil VTH et une force F1 non nulle vers le haut est appliquée au transducteur T1 lorsque la vitesse d'écoulement du fluide est supérieure à la vitesse seuil VTH. Ce phénomène d'inversion du sens de la force ainsi générée est nommé phénomène de « crise de portance ». L'inversion de la force (et de fait de sa composante verticale lorsque l'écoulement est horizontal ) est soudaine et sensible.

Considérant que l'écoulement des lignes de fluide sur le transducteur T1 caractérisé par le fait qu'il possède une face formée avec un profil en arc de cercle ou à courbure convexe PR engendre le phénomène précédemment décrit comme « crise de portance », l'intégration du transducteur T1 dans un dispositif DET correspond à la réalisation d'un dispositif DET détecteur d'une vitesse seuil VTH de déplacement d'un fluide autour dudit détecteur. Avantageusement, le capteur DET peut être constitué du transducteur T1 seulement, puisque le transducteur T1 comprend un élément de fixation M, et que la seule force générée en fonction de la vitesse de déplacement du

fluide peut être exploitée en tant que telle, sans autre besoin de conversion, et en fonction du mode de réalisation.

A titre d'exemple et pour illustrer le propos précédent, le transducteur T1 peut être fixé sur une partie du fuselage ou de la dérive d'un aéronef, et, en fonction de la vitesse de déplacement de l'aéronef, être soumis à une force vers le haut ou vers le bas (en référence à la trajectoire de déplacement horizontal de l'aéronef) et modifier ainsi l'angle d'incidence de l'aéronef. On entend ici par angle d'incidence de l'aéronef, l'angle que forme l'axe longitudinal de son fuselage ou de ses ailes avec l'horizontale. Il est connu que l'angle d'incidence d'une voilure d'aéronef (d'une aile) modifie la portance développée puisque l'incidence modifie la forme des filets de fluide sur l'intrados et sur l'extrados d'une aile. La forme des lignes de profils modifiant alors les pressions de fluide de part et d'autre de l'aile et modifiant finalement, en conséquence, la portance. On entend ici par portance, la force globale exercée sur un aéronef en déplacement dans un fluide, du bas vers le haut, et s'opposant à son poids (à la force gravitationnelle issue de l'attraction terrestre). Ainsi, et dans certains cas, un détecteur de vitesse seuil de déplacement d'un fluide autour du détecteur peut être composé du seul transducteur T1 puisque le transducteur T1 suffit à l'exploitation de la force générée du fait de son profil et en utilisant le phénomène de « crise de portance ».

Le fonctionnement décrit s'applique également à des équipements immergés dans des fluides liquides, tels que des sous-marins, par exemple.

L'utilisation d'un tel transducteur à des fins de modification d'assiette permet en conséquence, une variation de la vitesse puisque ces deux grandeurs sont directement liées dans le cas du déplacement (relatif) d'un objet dans un fluide.

Selon des variantes non limitatives du mode de réalisation de l'invention un détecteur DET d'une vitesse seuil VTH d'écoulement d'un fluide FG peut comprendre le transducteur T1 rendu mobile dans un élément mécanique ou dans un assemblage d'éléments mécaniques, de sorte que la force générée entraîne un déplacement guidé en translation dans un sens ou dans le sens opposé, selon que la vitesse du fluide soit inférieure ou égale, ou supérieure à la vitesse seuil VTH qui caractérise la crise de portance. Un tel assemblage permet alors de coupler, par exemple, le transducteur T1 à un interrupteur électromécanique et de permettre l'ouverture ou la fermeture d'une branche de circuit électrique en fonction de la vitesse d'écoulement du fluide. Avantageusement, il est alors possible de générer un signal indiquant une vitesse de déplacement du fluide autour du transducteur T1 inférieure

ou égale à la vitesse VTH prédéfinie ou une vitesse de déplacement du fluide supérieure à VTH. Selon la forme du détecteur DET comprenant le transducteur T1, il est avantageusement possible de mesurer la vitesse d'un fluide par rapport au seuil de vitesse VTH dans un environnement ouvert (en immersion dans le fluide) ou dans un environnement fermé (dans un conduit ou une canalisation de forme quelconque). Selon une variante du mode de réalisation, le détecteur DET peut être réalisé de sorte que l'élément M opère comme un levier disposé sur un axe de basculement (ou fixé à un axe de basculement) et permette la génération, à l'extrémité de l'élément M, d'une force opposée en sens à la force F1 ou F2 générée sur le transducteur T1 du fait de son profil et du phénomène de crise de portance.

La **figure 2** est une représentation du transducteur T1 du dispositif détecteur DET dans un écoulement d'un fluide FG symbolisé par un ensemble de flèches horizontales FG qui s'appuient sur tout ou partie d'une face F1 du transducteur T1 formée en arc de cercle selon son profil PR.

La **figure 3** est une représentation d'une résultante verticale (ou composante verticale d'une résultante) F1 des forces générées sur le transducteur T1, dirigée de bas en haut, lorsque la vitesse d'écoulement du fluide FG sur le transducteur T1 est supérieure à la vitesse seuil VTH prédéfinie.

La **figure 4** est une représentation d'une résultante verticale F2 des forces générées sur le transducteur T1, dirigée de haut en bas, lorsque la vitesse d'écoulement du fluide FG sur le transducteur T1 est inférieure ou égale à la vitesse seuil VTH prédéfinie.

La **figure 5** est une représentation partielle du dispositif DET détecteur de vitesse de fluide comprenant le transducteur T1. Un flasque BR1 comprend deux rainures RAI dans lesquelles sont insérés des doigts FING de fixation du transducteur T1 dans le flasque BR1. L'insertion du transducteur T1 entre deux flasques similaires, dont l'un est BR1 et l'autre est disposé parallèlement à BR1 (en miroir) permet donc un coulisement vertical du transducteur T1 dans les rainures RAI des flasques, en fonction des forces générées sur le transducteur, et notamment des résultantes des forces F1 et F2 qui existent en fonction de la vitesse de déplacement du fluide FG. Un

coulissement vertical du transducteur T1 dans les rainures permet le déplacement vertical de l'élément de fixation M, alors utilisé comme un doigt d'activation d'un élément tiers, tel que, par exemple, un micro-interrupteur. Le doigt d'activation M se déplace verticalement dans une fenêtre réalisée dans le flasque BR1. Les autres  
5 éléments constitutifs d'un tel capteur DET, tels que, à titre d'exemple un micro-interrupteur, ne sont pas représentés en détails, car bien connus de l'homme du métier et n'étant pas ici utiles à la compréhension de l'invention.

La **figure 6** est une représentation du transducteur T1 et fait apparaître la  
10 dimension C, soit la corde du profil PR en arc de cercle. Astucieusement, et selon l'invention, la dimension de la corde C permet la définition de la vitesse seuil VTH correspondant à l'apparition de la crise de portance.

En effet, le phénomène de crise de portance décrit est caractérisé par la formule :

$$C = K * nu / VTH$$

où C est la corde du profil PR en mètres,

K est un entier positif autour de  $2 \times 10^5$ , et correspond à la valeur seuil du  
20 nombre de Reynolds pour lequel survient la crise de portance.

VTH est la vitesse seuil de déplacement du fluide FG autour de T1 entraînant l'inversion des forces générées (apparition du phénomène de crise de portance),

nu est la viscosité cinématique du fluide FG en  $m^2.s^{-1}$

La **figure 7** montre deux courbes proches, l'une déterminée par une mesure d'efforts, l'autre calculée à partir du champ de vitesse de l'écoulement mesuré autour du transducteur T1, représentatives de la force mécanique appliquée sur le transducteur T1 (en ordonnées) en fonction du nombre de Reynolds représentatif de  
30 la vitesse d'écoulement du fluide FG autour du transducteur T1 (en abscisses, et en multiples de  $10^4$ ). Les courbes indiquent clairement que le phénomène de crise de portance apparaît de façon sensible autour de la valeur prédéterminée de seuil de vitesse. La force résultante appliquée au transducteur et générée par l'écoulement du fluide sur le profil s'inverse rapidement quand la vitesse du fluide franchit la valeur seuil

prédéfinie. La vitesse d'apparition est fonction de la valeur de la corde C de l'arc de cercle qui constitue le profil PR du transducteur T1.

Astucieusement et selon l'invention, le capteur DET comprenant le transducteur T1 (ou étant le transducteur T1) permet de détecter que la vitesse du fluide FG sur le profil du transducteur (autour du transducteur), et notamment sur sa face F1, est égale à une vitesse prédéterminée par le dimensionnement de la corde C du profil en arc de cercle PR ou du profil convexe ayant une cambrure tel que défini précédemment..

En d'autres termes, le dispositif détecteur DET permet la détection de la vitesse seuil VTH de déplacement du fluide FG. Le dispositif DET comprenant le transducteur T1 est caractérisé en ce que le transducteur T1 est configuré pour exercer une première force F2 non nulle dans une première direction lorsque la vitesse du fluide FG est inférieure à la vitesse seuil VTH et pour exercer une seconde force F1 non nulle dans une seconde direction (ou dans la même direction et en sens opposé) lorsque la vitesse du fluide FG est supérieure à la vitesse seuil VTH autour du transducteur T1.

Le dispositif détecteur DET comprend l'élément de fixation M qui lui est rendu solidaire par assemblage ou par une opération de fabrication.

Le transducteur T1 comprend une première face F1 courbe dont le profil PR constitue un arc de cercle ou un profil convexe tel que défini précédemment sur sa longueur PROFL prédéterminée et définie par la corde C du profil.

Le dispositif détecteur est tel que la première face F1 du dispositif transducteur T1 a une orientation sensiblement perpendiculaire à la direction de déplacement du fluide FG dans le ou autour du dispositif détecteur DET. Cela revient à dire que le déplacement du fluide FG est sensiblement parallèle à la corde C du profil PR en arc de cercle ou convexe à cambrure, ou sensiblement perpendiculaire à la flèche de l'arc de cercle défini par le profil PR.

Le profil PR en arc de cercle ou convexe avec une cambrure de 5% à 50% est défini par sa corde C de telle sorte que la corde C est égale au produit d'un entier (facteur multiplicatif) et de la viscosité cinématique du fluide FG divisée par le nombre

de Reynolds mesurable lorsque la vitesse du fluide est égale à la vitesse seuil  $V_{TH}$  à détecter.

Le dispositif détecteur DET peut comprendre en outre, selon le mode de réalisation de l'invention un module de détection électromécanique SWM se comportant comme un interrupteur fermé lorsque le transducteur T1 est soumis au fluide FG en déplacement à une vitesse inférieure à une seconde vitesse seuil  $V_{TH2}$  et se comportant comme un interrupteur ouvert lorsque le transducteur T1 est soumis au fluide FG en déplacement à une vitesse inférieure à une troisième vitesse seuil  $V_{TH3}$ . Astucieusement, une calibration faisant intervenir des seuils décalés  $V_{TH2}$  et  $V_{TH3}$  proches de  $V_{TH1}$  permet l'existence d'une hystérésis et l'évitement de phénomènes d'oscillation d'un signal variable généré à l'aide d'un interrupteur actionné par le transducteur T1.

Avantageusement, le dispositif DET est configuré pour que la première direction soit sensiblement égale à la seconde direction et que la première force  $F2$  s'applique en sens inverse de la seconde force  $F1$ .

Selon une variante du mode de réalisation, le volume défini par la forme du transducteur T1 est fermé sur la face inférieure du transducteur (comme représenté figure 8) par une face plane ou sensiblement plane. Avantageusement, cela n'a pas d'incidence sensible sur le phénomène de crise de portance permettant la détection d'une valeur prédéfinie de la vitesse d'un fluide autour du volume. En outre, le volume ainsi défini peut être plein ou creux, sans modification sensible des performances du dispositif détecteur décrit.

Selon une variante du mode de réalisation de l'invention, le transducteur T1 peut être assemblé à l'extrémité d'un élément flexible couplé à une ou plusieurs jauges de contraintes adaptées à mesurer la déformation de l'élément porteur et à en déduire la vitesse du fluide en déplacement autour du transducteur. Une calibration permet d'établir une correspondance entre les valeurs mesurées de déformations de la ou des jauges de contraintes et les vitesses d'écoulement du fluide.

Selon une autre variante, l'élément porteur du transducteur T1 est porté par un axe pivotant et sa partie située du côté opposé du transducteur est couplée à un capteur de position.

5            Selon d'autres variantes du mode de réalisation, le transducteur est couplé à un système mécanique de transmission de la composante verticale de la résultante des forces dont le sens et l'amplitude sont définis par la vitesse du fluide autour du transducteur. Ce système mécanique autorise alors l'application d'une autre force, représentative de la résultante verticale des forces appliquées au transducteur T1, sur  
10           un dispositif tiers, mécanique ou électromécanique. Il peut comprendre des éléments de tringleries, des câbles, ou encore des biellettes, par exemple.

             Selon une autre variante du mode de réalisation, le détecteur DET comprend deux transducteurs T1 disposés aux extrémités d'un élément mécanique  
15           guidé en rotation autour d'un axe disposé parallèlement ou sensiblement parallèlement au sens de déplacement du fluide. Les deux transducteurs T1 sont assemblés de sorte que les deux résultantes des forces qui leur sont appliquées participent ensemble à un mouvement de rotation positif ou négatif (selon une convention établie). Le couple mécanique ainsi créé peut entraîner un mouvement de rotation dans un  
20           sens ou dans le sens opposé et entraîner une action sur un élément tiers. L'élément tiers peut alors être un diaphragme, une vanne, un volet, adapté pour opérer une variation contrôlée de débit dans une conduite.

             L'invention concerne en outre tout dispositif de détection comprenant un  
25           transducteur adapté à la détection d'une vitesse seuil de déplacement d'un fluide, le transducteur étant configuré de sorte qu'il comprenne un élément profilé en arc de cercle ou de profil convexe ayant une cambrure de 5% à 50%, soumis à déplacement de fluide parallèlement (ou sensiblement parallèlement) à la corde de son profil, le transducteur exerçant ainsi une force dans un sens quand la vitesse de déplacement  
30           du fluide est inférieure à la vitesse seuil et une force opposée quand la vitesse de déplacement du fluide est supérieure à la vitesse seuil.

             Avantageusement, l'invention s'applique à différents types de fluides, liquides ou gaz, ce qui permet une mise en œuvre dans des domaines divers tels que

la mesure de vitesse, par exemple dans des domaines industriels (dans des environnements ouverts ou fermés), l'aéronautique, l'aviation, la production d'électricité hydraulique ou éolienne, les secteurs naval ou off-shore et des équipements connexes en lien avec ces domaines.



## REVENDEICATIONS

- 5 1. Dispositif détecteur (DET) d'une vitesse seuil (VTH) de déplacement d'un fluide, ledit dispositif (DET) comprenant un transducteur (T1) et étant caractérisé en ce que ledit transducteur (T1) est configuré pour exercer une première force non nulle dans une première direction lorsque la vitesse dudit fluide est inférieure à ladite vitesse seuil (VTH) et pour exercer une seconde force non
- 10 nulle dans une seconde direction lorsque la vitesse dudit fluide est supérieure à ladite vitesse seuil (VTH).
2. Dispositif détecteur (DET) selon la revendication précédente caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins un élément de fixation (M) solidaire dudit transducteur (T1).
- 15 3. Dispositif détecteur (DET) selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que ledit transducteur (T1) comprend une première face (F1) convexe, dont un profil (PR) constitue un arc de cercle ou une courbure de cambrure relative comprise dans un intervalle de valeurs allant de 5% à 50%, sur une longueur (PROFL) prédéterminée.
- 20 4. Dispositif détecteur (DET) selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que ladite première face (F1) dudit dispositif transducteur (T1) a une orientation sensiblement perpendiculaire à la direction de déplacement dudit fluide dans ledit ou autour dudit dispositif détecteur (DET).
- 25 5. Dispositif détecteur (DET) selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que ledit profil (PR) est défini par sa corde (C1) de telle sorte que ladite corde (C1) soit égale au produit d'un entier et de la viscosité cinématique dudit fluide divisée par le nombre de Reynolds mesurable lorsque la vitesse dudit fluide est égale à ladite vitesse seuil (VTH).
- 30 6. Dispositif détecteur (DET) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé en ce qu'il comprend en outre un module de détection électromécanique (SWM) se comportant comme un interrupteur fermé lorsque le transducteur est soumis à un fluide en déplacement à une vitesse inférieure à une seconde vitesse seuil (VTH2).

7. Dispositif détecteur (DET) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé en ce qu'il comprend en outre un module de détection électromécanique (SWM) se comportant comme un interrupteur ouvert lorsque le transducteur est soumis à un fluide en déplacement à une vitesse inférieure à une troisième vitesse seuil (VTH2).
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite première direction est égale ou sensiblement égale à ladite seconde direction et que ladite première force s'applique en sens inverse de ladite seconde force.

## REVENDICATIONS MODIFIÉES

reçues par le Bureau international le 17 Novembre 2016 (17.11.2016)

- 5 1. Dispositif détecteur (DET) d'une vitesse seuil (VTH) de déplacement d'un fluide, ledit dispositif (DET) comprenant un transducteur (T1) et étant caractérisé en ce que ledit transducteur (T1) comprend une face (F1) convexe dont un profil (PR) constitue un arc de cercle ou une courbure de cambrure relative comprise dans un intervalle de valeurs allant de 5% à 50%, de sorte à exercer une première force
- 10 non nulle dans une première direction lorsque la vitesse dudit fluide est inférieure à ladite vitesse seuil (VTH) et à exercer une seconde force non nulle dans une seconde direction lorsque la vitesse dudit fluide est supérieure à ladite vitesse seuil (VTH), ladite première direction étant égale ou sensiblement égale à ladite seconde direction et ladite première force s'applique en sens inverse de ladite
- 15 seconde force.
2. Dispositif détecteur (DET) selon la revendication précédente caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins un élément de fixation (M) solidaire dudit transducteur (T1).
- 20 3. Dispositif détecteur (DET) selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que ladite première face (F1) dudit dispositif transducteur (T1) a une orientation sensiblement perpendiculaire à la direction de déplacement dudit fluide dans ledit ou autour dudit dispositif détecteur (DET).
- 25 4. Dispositif détecteur (DET) selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que ledit profil (PR) est défini par sa corde (C1) de telle sorte que ladite corde (C1) soit égale au produit d'un entier et de la viscosité cinématique dudit fluide divisée par le nombre de Reynolds mesurable lorsque la
- 30 vitesse dudit fluide est égale à ladite vitesse seuil (VTH).

5. Dispositif détecteur (DET) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce qu'il comprend en outre un module de détection électromécanique (SWM) se comportant comme un interrupteur fermé lorsque le transducteur est soumis à un fluide en déplacement à une seconde vitesse inférieure à ladite vitesse seuil (VTH2).
6. Dispositif détecteur (DET) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce qu'il comprend en outre un module de détection électromécanique (SWM) se comportant comme un interrupteur ouvert lorsque le transducteur est soumis à un fluide en déplacement à une vitesse inférieure à une troisième vitesse seuil (VTH3).

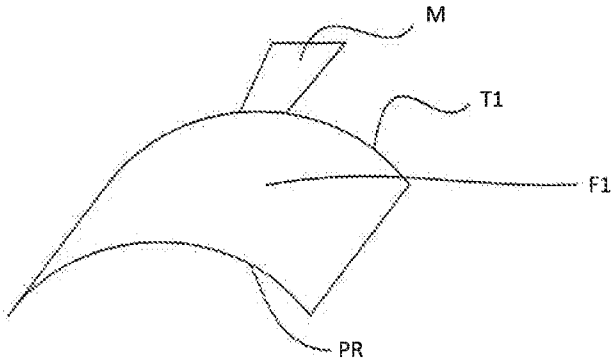


FIG. 1

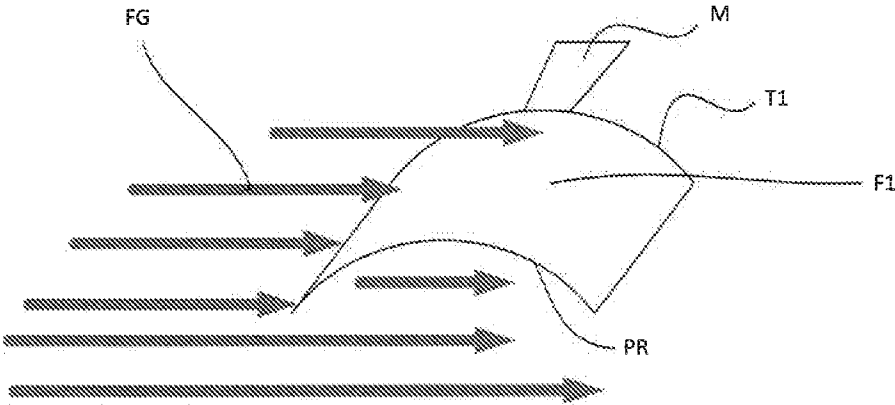


FIG. 2

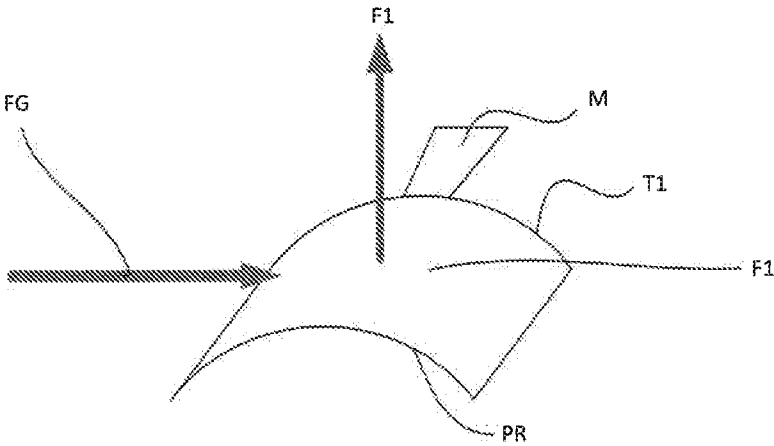


FIG. 3

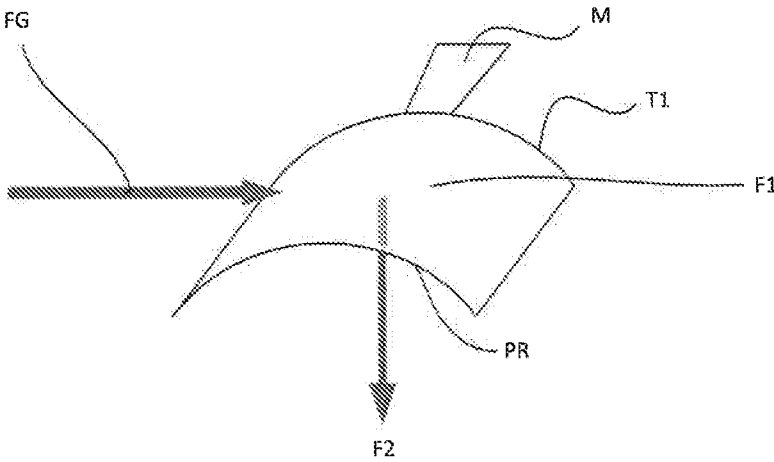


FIG. 4

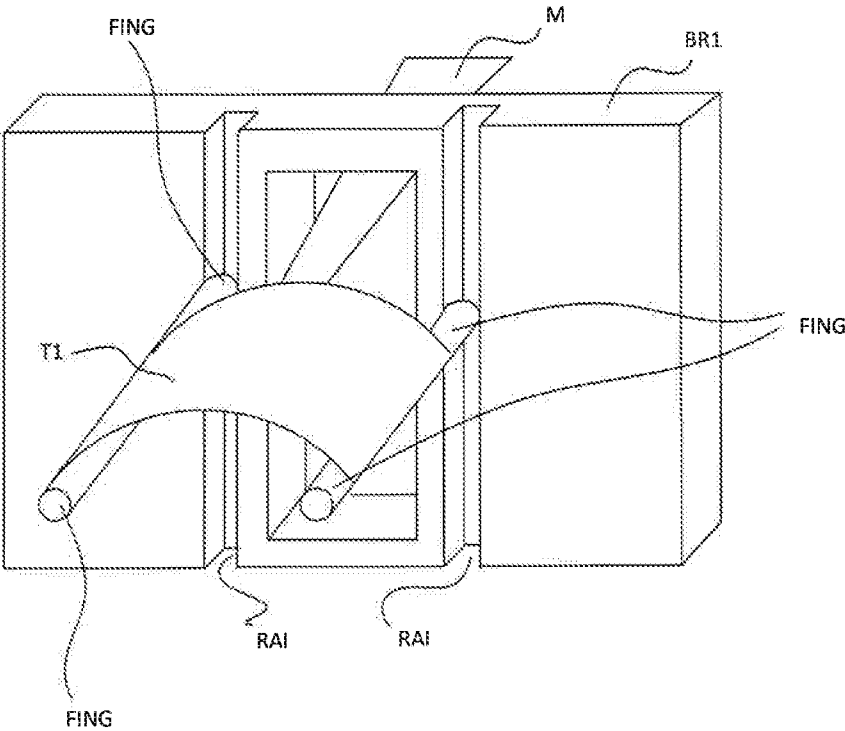


FIG. 5

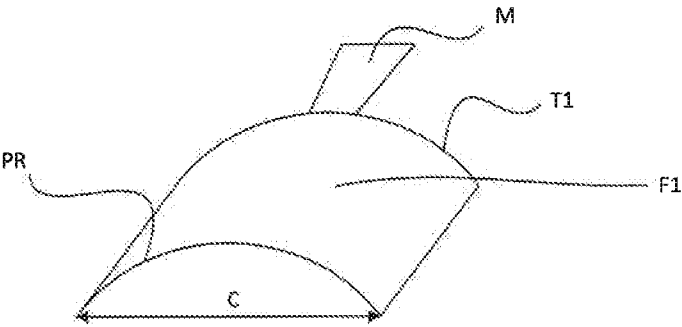


FIG. 6

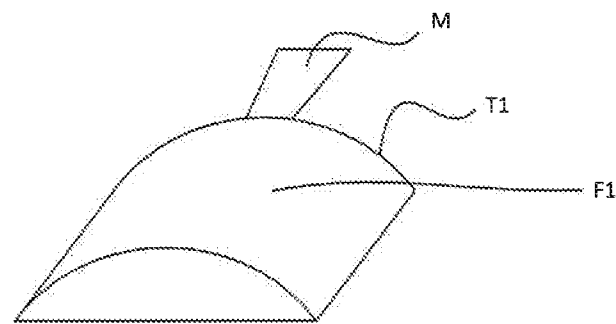


FIG. 7

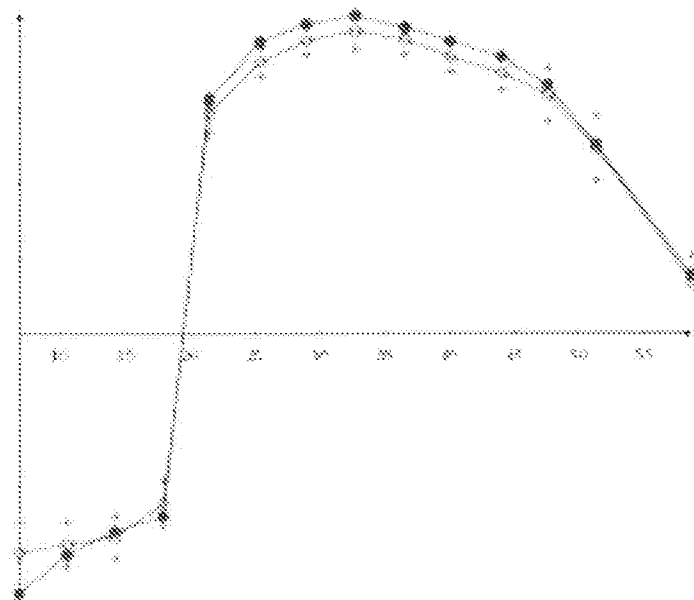


FIG. 8



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/051685

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 INV. G01P5/02 G01F1/28  
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 G01P G01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2010/088045 A1 (MCLEAN JAMES GORDON [US] ET AL) 8 April 2010 (2010-04-08) paragraph [0013] paragraph [0018] - paragraph [0023] -----	1-8
A	FR 2 652 904 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 12 April 1991 (1991-04-12) page 3, line 25 - page 4, line 4 figure 1 -----	1
A	US 3 964 038 A (RUTHERFORD TALMADGE O) 15 June 1976 (1976-06-15) column 1, line 53 - column 3, line 23 -----	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 October 2016

Date of mailing of the international search report

18/10/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Rabenstein, Winfried

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/051685

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2010088045	A1	08-04-2010	NONE
FR 2652904	A1	12-04-1991	NONE
US 3964038	A	15-06-1976	NONE

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051685

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
INV. G01P5/02 G01F1/28  
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
G01P G01F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2010/088045 A1 (MCLEAN JAMES GORDON [US] ET AL) 8 avril 2010 (2010-04-08) alinéa [0013] alinéa [0018] - alinéa [0023] -----	1-8
A	FR 2 652 904 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 12 avril 1991 (1991-04-12) page 3, ligne 25 - page 4, ligne 4 figure 1 -----	1
A	US 3 964 038 A (RUTHERFORD TALMADGE O) 15 juin 1976 (1976-06-15) colonne 1, ligne 53 - colonne 3, ligne 23 -----	1-8



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

4 octobre 2016

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

18/10/2016

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Rabenstein, Winfried

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051685

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2010088045	A1	08-04-2010	AUCUN	
-----				
FR 2652904	A1	12-04-1991	AUCUN	
-----				
US 3964038	A	15-06-1976	AUCUN	
-----				